

炭酸ガス処理によるアブラナ科植物の自家不和合成 消去に関する研究

著者	中西 テツ
号	99
発行年	1971
URL	http://hdl.handle.net/10097/12491

氏 名 (本籍) ^{なか} 中 ^{にし} 西 テ ヅ (神奈川県)

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 博 第 99 号

学位授与年月日 昭和 47 年 3 月 24 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 1 項該当

研 究 科 専 攻 東北大学大学院農学研究科
(博士課程) 農 学 専 攻

学 位 論 文 題 目 炭酸ガス処理によるアブラナ科植物
の自家不和合成消去に関する研究

(主 査)
論文審査委員 教授 角田重三郎 教授 三 沢 正 生

教授 輪 田 潔

論文内容要旨

自家不和合性は雌性器官および雄性器官の構造機能が正常でありながら、自家受粉によつては受精に至らない現象である。この現象は遺伝的にホモの個体を選抜、維持、増殖するための障害となるので、育種上重要な問題の一つとなつており、これを回避する容易な方法の開発が望まれていた。

アブラナ科は自家不和合性を示す種が多く、自家受粉した花粉は発芽率も低く、また発芽しても乳頭細胞に侵入し得ない。他家受粉した場合には花粉は柱頭上で発芽し、花粉管は乳頭細胞上部からペクチン・セルロース層に侵入し、受精に至る。

本論文は、主要な蔬菜を数多く含むアブラナ科植物を材料として用い

1. この植物における自家不和合性はリンゴ果実が発するガスにより消去されることを発見し、その主原因が高濃度炭酸ガスであることを明らかにし、
2. 自家不和合性を解消するための炭酸ガス処理時における条件を検討し、
3. 炭酸ガス処理の効果ある時期を明らかにし、
4. 実際の自殖種子採種法に導入するための基礎的知見を得、実際化における諸問題を検討したものである。

1. 自家不和合性に影響するガス要因

自家受粉後の花をリンゴ果実が発するガスで処理することによつて、自家花粉管が乳頭細胞内に侵入することを認めた。リンゴ果実は多量のエチレン、炭酸ガスを放出することが予測されたので、その効果のあるガス要因をそれぞれの吸収剤（Mercuric Perchlorate, NaOH）を用いて分析した（Fig. 1）。炭酸ガスの吸収剤を用いない時に、自家花粉管の乳頭細胞内侵入の効果が得られ、炭酸ガスの影響によるものと推測された。

炭酸ガスによる効果を確認するために、ポンベガスによる処理を行ない、3～5%の炭酸ガス

濃度で自家花粉管が乳頭内に侵入することがわかつた。この濃度範囲では他家受粉には影響がみられなかつた（Fig. 2）。エチレンは低濃度で炭酸ガスの効果に対して拮抗作用があるとしても、その影

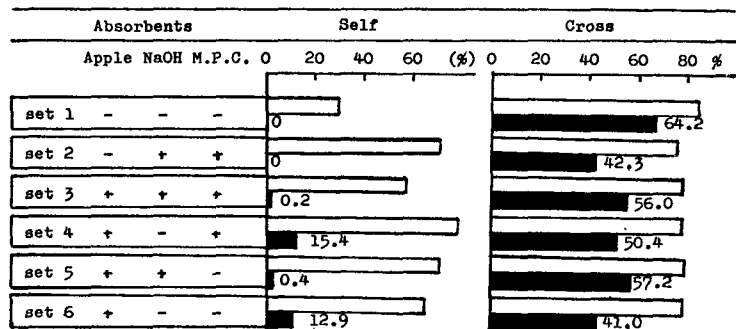


Fig. 1 Apple gas effects, with and/or without NaOH (absorbent of CO_2) and MPC (absorbent of C_2H_4), on self-incompatibility,
 □ : Germination % ■ : Penetration %

響は相対的に極めて小さかった。

2. 炭酸ガス効果と遺伝的環境的要因

炭酸ガス処理の条件として処理中の温度、光、酸素について検討した。温度は20°Cが適当で、処理中の光条件には影響されなかった。また酸素濃度と炭酸ガス処理との組み合わせ実験では、酸素が通常空気濃度で最も効果的であり、酸素が低濃度になると、花粉発芽および侵入が阻害された。なお他家受粉の場合にも酸素が低濃度になると、花粉の発芽、侵入が阻害されることが明らかとなった。

炭酸ガス処理の最適濃度と効果の程度は種、系統によつて異なっていた。*Brassica oleracea*の0-6、0-8では最適濃度範囲は3~5%であるが、花粉管侵入率は前者が10%、後者が30%前後を示した。また *Diplo-taxis erucoides* では最適濃度は、15~20%で、約80~90%の花粉管侵入率を示した。

種間交雑においても花粉管の侵入を抑制する自家不和合性類似の現象があるが、この場合にも炭酸ガスは花粉管を侵入させる効果が認められた。このことから、種間交雑の場合の花粉管侵入抑制には、自家不和合性と同様の機構が介在していることが示唆された。

炭酸ガス処理による花粉管の侵入状態を、他家受粉の場合と比較観察すると、炭酸ガス処理では、乳頭細胞上、乳頭細胞内で花粉管を蛇行させるような状態が認められた。

3. 炭酸ガスによる柱頭および花粉の前処理実験

炭酸ガスの作用場所および時期について検討する目的で、まず炭酸ガスにより柱頭および花粉の前処理を行なった。その結果、柱頭および花粉を受粉前1~6時間処理しても効果は認められず (Fig. 3, 4)、炭酸ガスは受粉後柱頭、花粉のいずれかあるいは双方に作用するものと推測された。

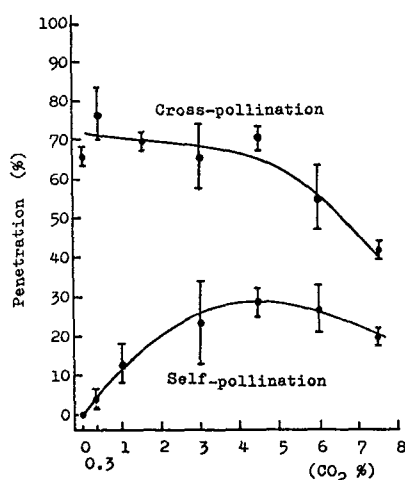
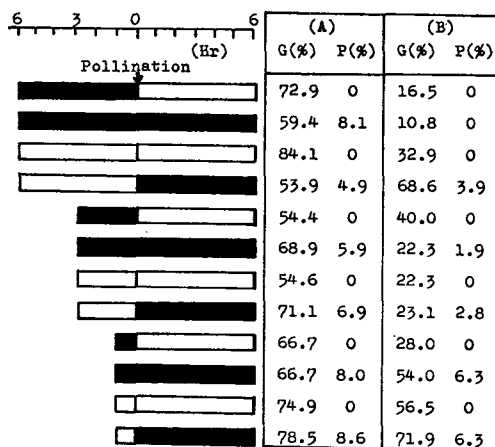
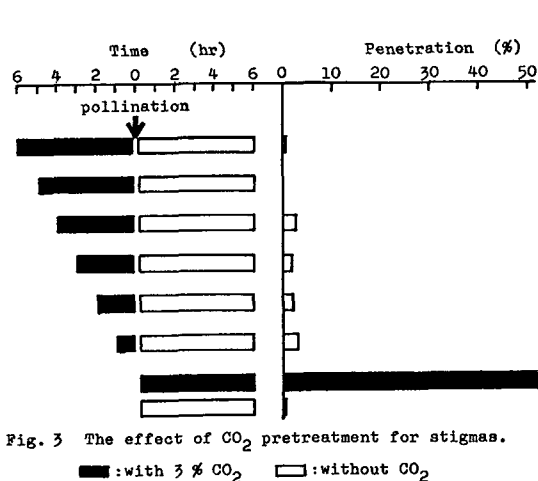


Fig. 2 The effect of CO₂ on self-incompatibility.
(YOSHIN KANRAN)



4. 炭酸ガスの作用時期の解析

炭酸ガスの効果は、川崎カンランの場合受粉後3～6時間継続的に処理することによつて認められ (Fig. 5) 6時間以降は処理効果がないことがわかつた。

また炭酸ガスをパルス処理で与えることにより、受粉後一定の時期に作用し、しかもその処理期間が2時間に短縮されることが示された (Fig. 6)。炭酸ガスが効果を示す時期には、受粉後花粉の発芽率が50～60%に達していることが明らかになつた (Fig. 7)。

これらのことから、炭酸ガスは受粉直後に与えても効果がなく、発芽率が50～60%に達した時期に極めて効果的で、また発芽が終了したものに処理した場合には効果のなくなることが考えられた。

このことを確かめるために次の実験を行ない確証した。

- ①受粉後の花粉発芽速度が速い系統を用いた場合、炭酸ガスのパルス処理の効果的な時間は1時間に短縮され、その時期には発芽率が急速に増加を示しており、発芽率がプラトーに達した時期では効果が失なわれることが示された (Fig. 8)。
- ②受粉後低湿条件で発芽をおさえ次に高湿度を与えることにより発芽を急速に行なわせることができるが、この発芽率が上昇する時期に炭酸ガスを与えると極めてよく花粉管が侵入することが示された (Fig. 9)。

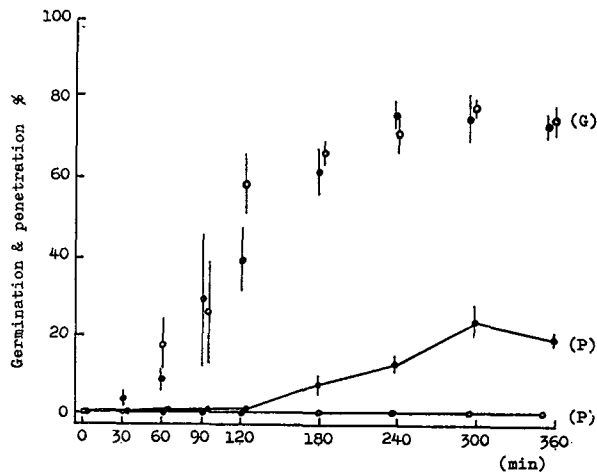


Fig. 5 Time course of pollen germination and pollen tube penetration of KAWASAKI KANRAN, with or without 3 % CO₂ gas.

Excised flowers after pollination were incubated at 20 C in a flask.

● : with CO₂ ○ : without CO₂

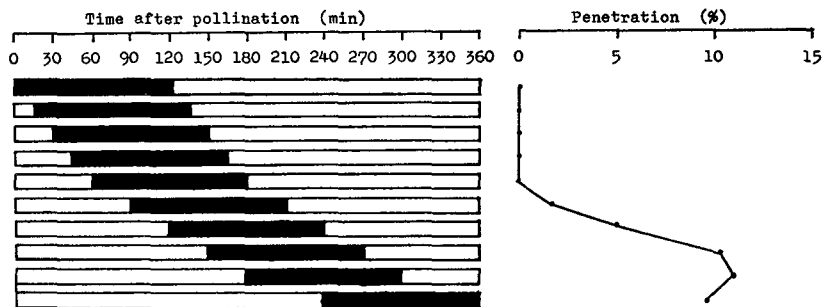


Fig. 6 Pollen tube penetration of self pollinated flowers treated by 3 % CO₂ gas for 2 hours at various germinating phases after pollination.

The penetration was observed at 6 hours after pollination.

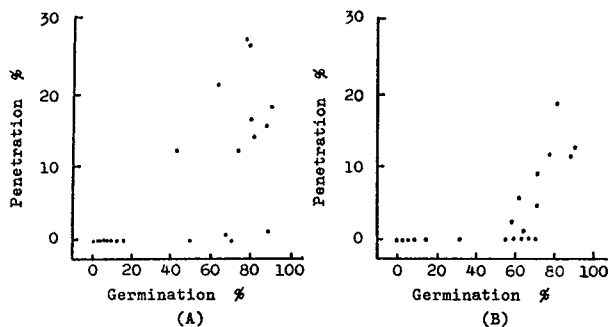


Fig. 7 The relationship between germination and penetration.
 (A) was presented from the data in Fig. 5.
 (B) : The experimental design was the same as in Fig. 6.
 However, the observation was made at the end of each CO_2 treatment.

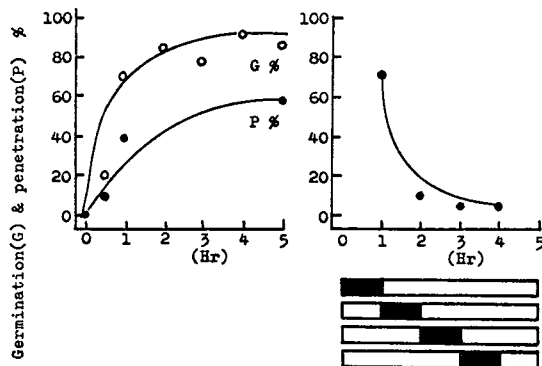


Fig. 8 Time course of pollen germination & pollen tube penetration on stigma of SHIGATSU SHIRONA.

The treatment by CO_2 gas was made after pollination (left). The treatment by CO_2 gas was made for 1 hour at various germinating phases (right). In the latter experiment, penetration was observed at 5 hours after pollination.

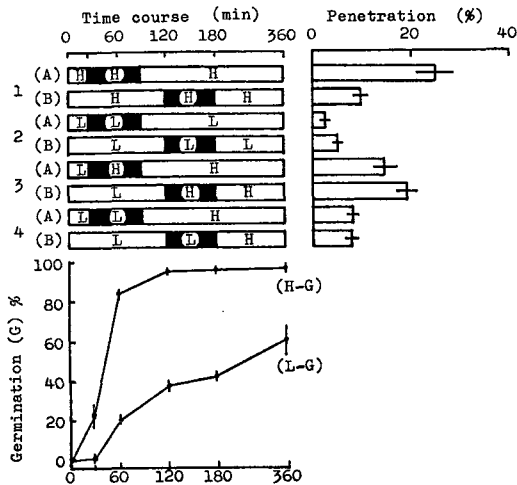


Fig. 9 Analysis of sensitive phase of pollen germination for removing self-incompatibility by CO₂ gas.
 ■ CO₂ treatment, □ air.

One hour CO₂ treatments were given in combination with high (98 %) or low (64 %) relative humidity at 0.5 or 2 hour after pollination. Time course of pollen germination on stigma in high or low humidity is also presented as a control. Pollinated stigma at rapidly germinating phase may be shown to be the most sensitive.

5. ラジオアイソトープを用いた実験

受粉後 ¹⁴C O₂ を投与し、オートラジオグラフを作製し、その分布状態を組織学的に検討した。高濃度の炭酸ガスが植物体によくとり込まれること、また ¹⁴C O₂ は花粉、花粉壁、花粉管、乳頭細胞の原形質および細胞壁に分布しており、花粉、柱頭の双方でとり込まれることが示された。

6. 炭酸ガス処理による自殖種子の産出

炭酸ガス処理によつて、乳頭細胞内に侵入するようになった花粉管は正常に種子を形成することが認められた。川崎カンランは、自家不和合性が強い系統であつたが、30～50%の自殖種子稔性が見られ (Table 1)、また葉深カンランでは、40～50%の自殖稔性の増加が認められた (Table 2)。

これらの値はむしろ蕾受粉による種子稔性よりも高率を示しており、炭酸ガス処理による自殖種子獲得は実用化できる可能性が示された。

Table1. Effect of CO₂ on self-fertility in KAWASAKI KANRAN.

CO ₂ %	3.6 % CO ₂	air	5.0 % CO ₂	air	5.9 % CO ₂	air
Self - fertility per plant	49.3	—	38.6	3.6	29.7	0.8
	51.1	0	45.2	1.7	43.1	0
	49.1	—	35.3	0	20.7	0
Mean	49.8	0	39.7	1.8	31.2	0.8
Cross - fertility per Plant	47.5	—	75.1	52.1	86.0	74.2
	74.8	—	73.5	9.9	75.2	34.9
	56.6	—	72.3	4.6	73.1	70.9
Mean	59.6	—	73.5	43.0	76.4	62.1

The flowers were treated by CO₂ gas for 5 hours after pollination.

Table2. Effect of CO₂ on self-fertility in YOSHIN KANRAN.

CO ₂ %	1.40 % CO ₂	air	1.38 % CO ₂	air	1.50 % CO ₂	air	4.00 % CO ₂	air
Self - fertility per plant	76.7	27.7	77.1	40.2	69.1	5.4	62.3	12.5
	79.4	20.1	75.8	23.9	50.1	10.2	52.2	13.6
	73.7	27.7	71.9	45.5	67.2	18.4	62.3	11.0
Mean	76.6	25.2	74.9	36.9	62.1	11.3	58.9	12.4

The flowers were treated by CO₂ gas for 3 hours after pollination.

審 査 結 果 の 要 旨

自家不和合性は、雌雄異体と同じく、交雑を強制する機構で、生物の進化上重要な意義を持つ。植物育種の場面では、特にアブラナ科植物の一代雑種の採種に利用されている。ただし、一代雑種の自殖系統を作出・増殖する場合にこの性質は障害となり、現在やむを得ず蕾受粉など手数のかかる方法で自殖系統の作出、増殖が行なわれている。

著者は、はじめリンゴ果実の発生するガスで処理することによって、自家花粉管が柱頭の乳頭細胞内に侵入することを認めた。ガス処理による不和合打破は他の例がないようである。著者は、当初エチレンの作用を知る目的でリンゴ果実を使用したか、エチレンおよび炭酸ガスの吸収剤を用いた実験、およびそれぞれのボンベガスによる実験によって、炭酸ガスが有効成分であることを証明した。

ついで、炭酸ガス処理の有効性と環境条件との関係について検討し、温度は20℃が最適で、酸素は通常空気濃度がよく、処理中の光条件には影響されないことを確かめた。これらはアブラナ科野菜の生育に適する条件である。また炭酸ガス処理の最適濃度と効果の程度が、種、系統により異なり、*Brassica oleracea*（カンラン類）では最適濃度3～5%で、花粉管侵入率は川崎カンランで10%、葉深カンランで30%前後であり、また*Diplotaxis erucoides*では最適濃度15～20%で、80～90%の花粉管が侵入することを認めた。ついで炭酸ガスの作用する場所および時期を検討し、柱頭および花粉の受粉前の前処理は有効でないこと、また受粉後のパルス処理実験より、炭酸ガスは受粉直後に与えても効果がなく、花粉の発芽率が50～60%に達した時期に極めて効果的で、また発芽しおわった時の処理も効果がないことを認めた。このことは、発芽速度の異なる系統を用いること、および空気湿度で発芽速度をコントロールすることによって確認された。

この時期は花粉管が乳頭細胞に接触した時期であり、またオートラジオグラフにより、炭酸ガスは花粉、花粉壁、花粉管、乳頭細胞の原形質および細胞壁にとりこまれていることを認めた。炭酸ガス処理による自家花粉の侵入状態は、他家花粉の侵入状態と異なっていて、乳頭細胞上、乳頭細胞内で花粉管を蛇行させる状態が認められる。これらは炭酸ガスの作用に関係があると見られるが、その本体はなお明らかでない。ただし、自家不和合性および炭酸ガスの生理作用の機構を解く新しい一つの糸口が提供されたといえよう。

上述のように炭酸ガス処理による花粉管の侵入状態は、他家花粉の場合と異なるが、侵入した花粉管は正常に種子を形成し、自家不和合性の強い系統の川崎カンランにおいても30～50%の自殖種子稔性よりもむしろ高く、炭酸ガス処理によって、現在の蕾受粉による方法よりも容易に、一代雑種の親として使われる自殖系統を作出、増殖できる可能性が示された。

なお、種間交雑で花粉管が柱頭への侵入を抑制される場合にも炭酸ガス処理によって花粉管が侵入することが示され、遠縁交雑育種への応用も考えられる。

以上著者は、ガス処理による自家不和合性の人為的制御を試み、炭酸ガスが自家不和合性の解消に有効であることを発見し、その有効性に関する環境条件、遺伝的条件、作用部位、時期を明らかにし、炭酸ガス処理による花粉管侵入、自殖種子形成の実態について観察を行なって、植物の生殖の人為的制御上新しい知見を加えた。これらの知見はアブラナ科植物など自家不和合性を持つ植物の育種の能率化、種間交雑の成功率の向上などに役立つところあるものと認められ、著者は農学博士の学位を受ける資格のあるものと判定した。